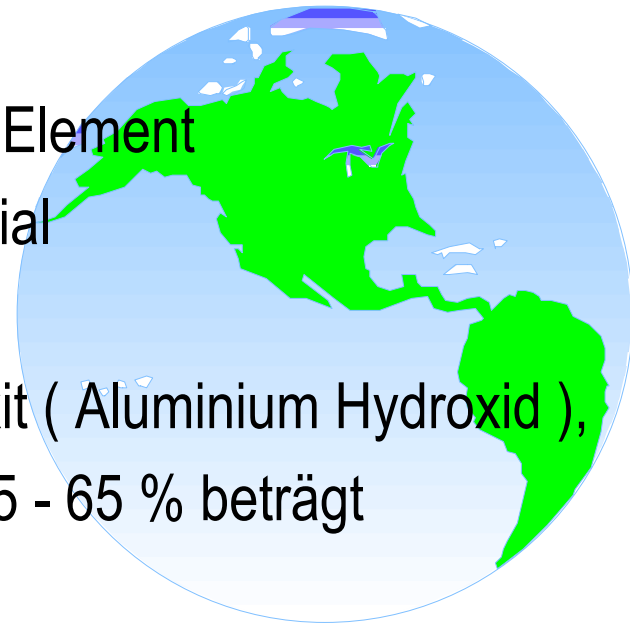


Aluminium

- Das weltweit drittgängigste chemische Element
- Das gebräuchlichste metallische Material
- 8% des Gewichts von Kristall
- Gebräuchlichstes Rohmaterial ist Bauxit (Aluminium Hydroxid), dessen Konzentration von **Al₂O₃** ca. 55 - 65 % beträgt



Spezielle Charakteristiken von Aluminium

- Gewicht (**3 x leichter als Stahl**)
- Wetter- und korrosionsbeständig (**Oxid-Schicht**)
- Hohe Festigkeit (**reines Al ~ 50 N/mm², Zn-Mg-Cu Legierung ~ 700 N/mm²**)
- Formbarkeit (**einfach zu formen**)
- Niedriger Schmelzpunkt
- Gute Wärme- und Leitfähigkeit (**5 x Stahl / 65% von Kupfer**)
 - Vorwärmen und Heißstartstrom
- Hohe Wärmeausdehnung (**2 x Stahl**)
 - muß bei der Aluminium-Konstruktion beachtet werden
- Aluminium behält seine Zähigkeit bei Niedrigtemperaturen (**arktische Verhältnisse**)
- Ungiftig

Physische Charakteristiken von Aluminium

- Schmelzpunkt v. reinem Aluminium **660°C** (Stahl ~1500°C)
- Spezifisches Gewicht **2,7 g / cm³** (3 x Stahl)
- Wärme des Schmelzpunktes **385 J / g**, (4,5 x Stahl)
- Koeffizient der thermischen Leitfähigkeit (5 x Stahl))

AWS -Serie von Aluminium

AWS (American Welding Society) unterscheidet Aluminium-Grundmaterialien in verschiedenen Gruppen entsprechend den verwendeten Legierungen

- **1000 Serie:** Reines Aluminium AWS 1050 (**Al 99,5%**)
 - Diese Legierungen zeichnet eine exzellente Korrosionsbeständigkeit
 - Hohe thermische und elektrische Leitfähigkeit
 - Niedrige mechanische Eigenschaften und hervorragende Bearbeitungsfähigkeit
 - **Exzellente Schweißbarkeit und gute Schweißfestigkeit 100 N/mm²**
 - **1050** (Al 99.5 %) ist die gebräuchlichste Legierung beim Schweißen

Hauptanwendungen: Elektrische Leitungen und thermische Komponenten, gute Widerstandsfähigkeit gegen Nitrogensäure
- **2000 Serie: (AlCu)**
 - Kupfer ist der Hauptlegierungsanteil in dieser Gruppe
 - Schlechte Schweißbarkeit und Schweißfestigkeit

AWS-Serie von Aluminium

- **3000 Serie: (AlMn)**
 - Mangan ist der Hauptlegierungsanteil in dieser Gruppe
 - **Exzellente Schweißbarkeit** und gute Schweißfestigkeit

- **4000 Serie: (AlSi)**
 - Silicium (Si) ist der Hauptlegierungsanteil in dieser Gruppe
 - Verringert den Schmelzpunkt und verbessert den Metallfluß
 - **4043 (AlSi5)** ist die meistgebräuchliche Schweißlegierung
 - **Exzellente Schweißbarkeit** und gute Schweißfestigkeit 120 N/mm²

Hauptanwendungsgebiete: Architektonische Anwendungen

AWS-Serie von Aluminium

- **5000 Serie: (AlMg)**
 - Magnesium (Mg) ist die Hauptlegierung in dieser Gruppe
 - Wenn Magnesium als Hauptlegierung verwendet wird oder Mangan, ist das Endresultat hohe Festigkeit bei der Aluminiumlegierung
 - **5356 (AlMg 5)** ist die gebräuchlichste Schweißlegierung
 - **Exzellente Schweißbarkeit** und **exzellente Schweißfestigkeit** 250N/mm²
 - **Hauptanwendungsgebiete:** Boots- und Schiffsbau, Eisenbahnwaggons
- **6000 Serie: (AlMgSi)**
 - Aluminiumlegierung in dieser Gruppe enthält Silicium und Magnesium
 - Gute Schweißbarkeit und gute Schweißfestigkeit
- **7000 Serie: (AlZn)**
 - Zink (Zn) ist die Hauptlegierung in dieser Gruppe
 - Schlechte Schweißbarkeit und schlechte Schweißfestigkeit

Gruppen von Aluminiumlegierungen

- Aluminiumlegierungen werden in zwei Gruppen eingeteilt:

GEHÄRTET	UNGEHÄRTET
Al 99.5 AWS 1000	AlCu AWS 2000
AlMn AWS 3000	AlMgSi AWS 6000
AlSi AWS 4000	AlZn AWS 7000
AlMg AWS 5000	

- Gehärtete Legierungen sind schweißbar

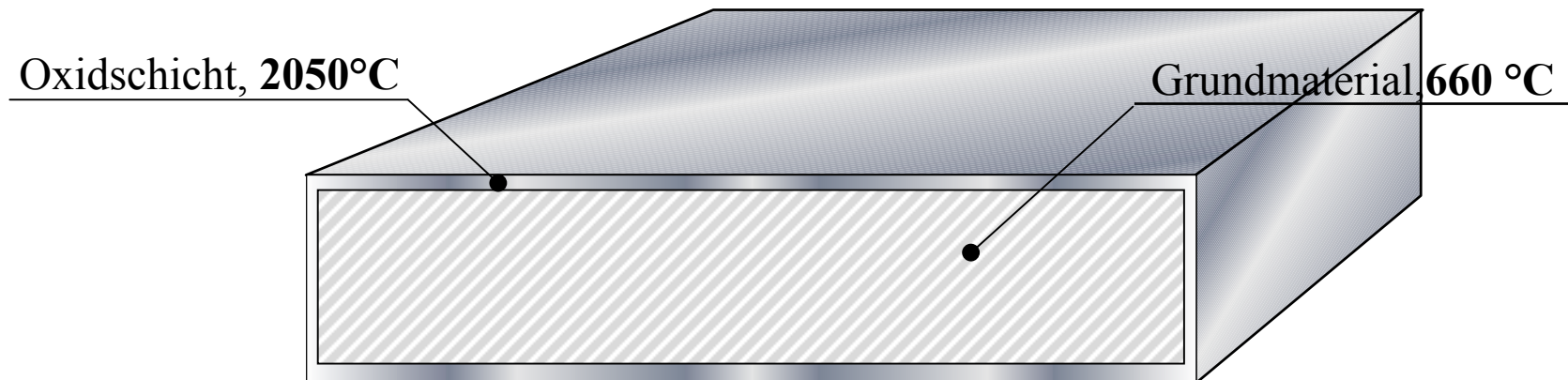
Aluminium-Oxid

- Schmelzpunkt 2052°C
- Wetter- und Korrosionsbeständigkeit bei oxidativen Bedingungen
- Gute Verschleißfestigkeit
 - härtestes Material nach Diamanten
- Transparentes Material
- Stärke des Oxids wächst schnell bis 10 nm (0,000010 mm)
- Es kann elektrolytisch und chemisch wachsen bis 0,05 - 0,1 mm
 - anodische Oxidation
 - Verfärbung
- Wenn die Oxidation stärker wird, erhöht sich die Porosität



Aluminium-Oxid

- Aluminium-Basismaterial produziert eine Oxidschicht, wenn es mit Sauerstoff in Verbindung kommt
- Es hat eine hohe Regeneration
 - wenn die Oxidschicht beschädigt wird, erneuert sie sich selbständig

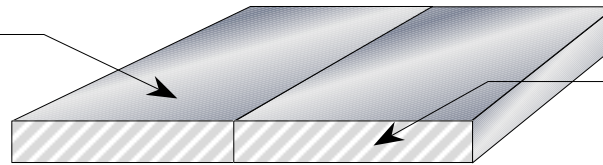


Aluminium-Oxid

- DC WIG - Schweißen von Aluminium mit (-) Polarität und mit Argon-Schutzgas ist unmöglich, weil der Schmelzpunkt der Oxidschicht so hoch ist, daß die Energie des Lichtbogens nicht ausreicht, um die Oxidschicht aufzubrechen

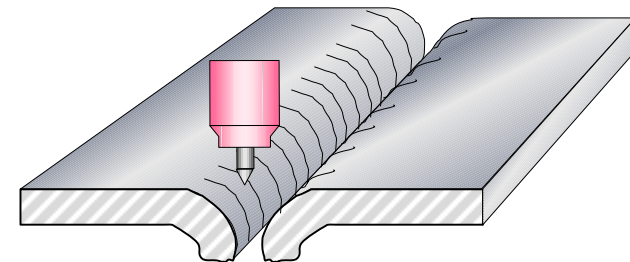
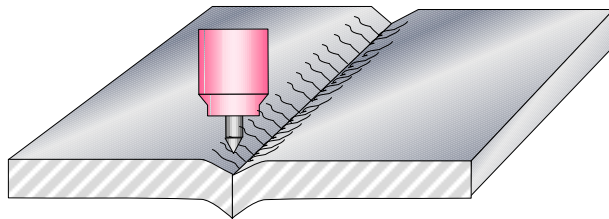
Oxidschicht

(Schmelzpunkt ~ 2000°C)



Al-Grundmaterial

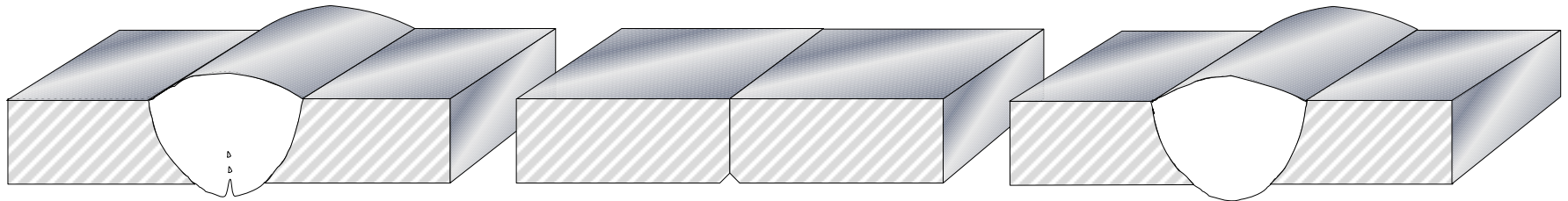
(Schmelzpunkt ~ 550 - 660°C)



Aluminium-Oxid

- Beim Schweißen von I-Stößen (I- oder V-Kehlnaht) sollten scharfe Kanten mechanisch entfernt werden (schleifen etc).

Nicht entfernte Wurzelkanten



Entfernte Wurzelkanten

Scharfe Wurzelkanten verursachen

- falsches Nahtprofil
- Risiko von Rissen

- gute Wurzelausbildung

Aufgaben der Legierungselemente von Aluminium

- **Kupfer (Cu):**
 - verbessert die Festigkeit von Aluminiumlegierungen
- **Silicium (Si):**
 - vermindert den Schmelzpunkt und verbessert den Schweißfluß
- **Mangan (Mn):**
 - erhöht die Festigkeit der Aluminiumlegierung, vermindert aber deren Zähigkeit
- **Magnesium (Mg):**
 - erhöht die Festigkeit der Aluminiumlegierung, vermindert aber deren Korrosionsbeständigkeit
- **Zink (Zn):**
 - gibt hohe Festigkeit in Verbindung mit Mg und Cu

Zusatzwerkstoffe für Aluminium

- Als Zusatzwerkstoffe für Aluminiumschweißen sollten entsprechend dem Grundmaterial gewählt werden
 - Farbe, Festigkeit, elektrische Leitfähigkeit und Korrosion
- Ungehärtete Aluminiumlegierungen werden normalerweise mit dem gleichen Zusatzmaterial wie das Grundmaterial geschweißt. Manchmal kann es auch etwas überlegiert sein
- Gehärtete Aluminiumlegierungen werden normalerweise mit AlMg 5- Typen geschweißt, um Heißrisse zu vermeiden
- AlMg 5- Zusatzwerkstoffe können für fast alle Aluminiumlegierungen verwendet werden, **außer reiner Aluminiumlegierung**

Zusatzwerkstoff-Empfehlung für das Aluminium-Schweißen

Al 99.9 Al 99.8 Al 99.7	Al 99.8									
Al 99.5 Al 99	Al 99.5 Ti Al 99.5	Al 99.5 Ti Al 99.5								
AlMn	Al 99.5 Ti AlMn	Al 99.5 Ti AlMn	AlMn							
AlMg1 AlMg2	AlMg5 AlMn	AlMg5 AlMn	AlMg5 AlMn	AlMg5 AlMn						
AlMg3	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg3 AlMg5					
AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5 AlMn	AlMg5	AlMg3 AlMg5	AlMg5				
AlMgMn	AlMg5	AlMg5	AlMg3 AlMg5	AlMg5	AlMg3 AlMg5	AlMg3 AlMg5	AlMg5			
AlMg4.5Mn	AlMg5	AlMg5	AlMg3 AlMg5	AlMg5	AlMg3 AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg4.5Mn		
AlMgSi0.5 AlMgSi1	AlMg5 AlSi5	AlMg5 AlSi5	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5 AlSi5	
AlZnMg1	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg5	AlMg4.5Mn	AlMg5	AlMg4.5mn AlMg5
Grund material	Al 99.9 Al 99.8 Al 99.7	Al 99.5 Al 99	AlMn	AlMg1 AlMg2	AlMg3	AlMg5	AlMgMn	AlMg4.5Mn	AlMgSi0.5 AlMgSi1	AlZnMg1

- AlMg5 kann durch Zusatzwerkstoff ersetzt werden
AlMg4.5Mn und AlMg4.5MnZr
- AlMg4.5Mn kann durch Zusatzwerkstoff ersetzt werden
AlMg4.5MnZr

Schutzgase für Aluminium

- Verwendete Schutzgase bei Aluminiumschweißen sind immer Inert-Gase wie Argon (Ar), Helium (He) und deren Mixturen

- Beispiel für verschiedene Gase:

Reines Argon

75%Ar + 25%He

50%Ar + 50%He

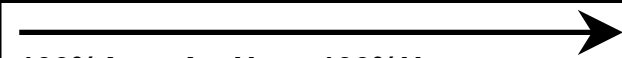
25%Ar + 75%He

Reines Helium

- Argon ist das gebräuchlichste Schutzgas beim Aluminium-Schweißen
- Helium und Argon / Helium -Gemisch gibt zusätzliche Vorteile
- Gefahr der Porosität und mangelndes Aufschmelzen ist geringer als bei Argon

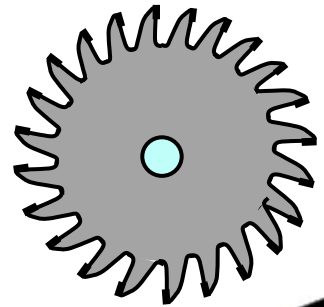
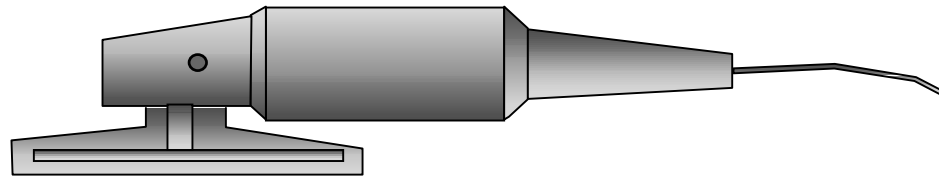
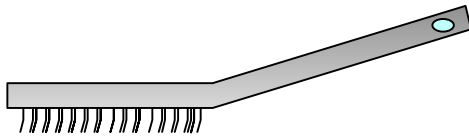
Schutzgase für Aluminium

- Beim Mischen von Argon mit Helium gibt es spezielle Charakteristiken, die beachtet werden müssen

Schutzgas	 100%Ar → Ar+He → 100%He
Gasfluß	Erhöhen
Spannung (MIG-Schweißen)	Erhöhen
Lichtbogen(MIG)	Leicht instabil
Breite der Schweißnaht	Erhöht sich, Schweißnaht wird flacher
Aussehen	Wird feiner
Einbrand	Wird tiefer und runder
Geschwindigkeit	Möglichkeit zur Erhöhung
Aufschmelzung	Nimmt ab
Porosität	Nimmt ab
Vorwärmung	Nimmt ab/Möglichkeit ohne Vorwärmen
Wärmeentsteh.	Werkstück wird heißer
Kosten Schutzgas	Erhöhen sich

Vorbereitung einer Aluminium-Schweißnaht

- Nahtvorbereitung sollte durch maschinellen Schnitt oder Schleifmaschine getätigt werden
- Oberfläche von Aluminium sollte von Öl, Staub und allen Unreinheiten gesäubert werden. Am besten mit Azeton oder anderen Ölentfernern
- Zur Erzielung des besten Resultates, sollte die Oxidschicht mit einer Edelstahlbürste, entweder manuell oder per Schleifmaschine (alle Nähte und 30 mm nach beiden Seiten) entfernt werden
- Beim Einsatz einer Schleifmaschine sollte die Schleifscheibe für Aluminium geeignet sein

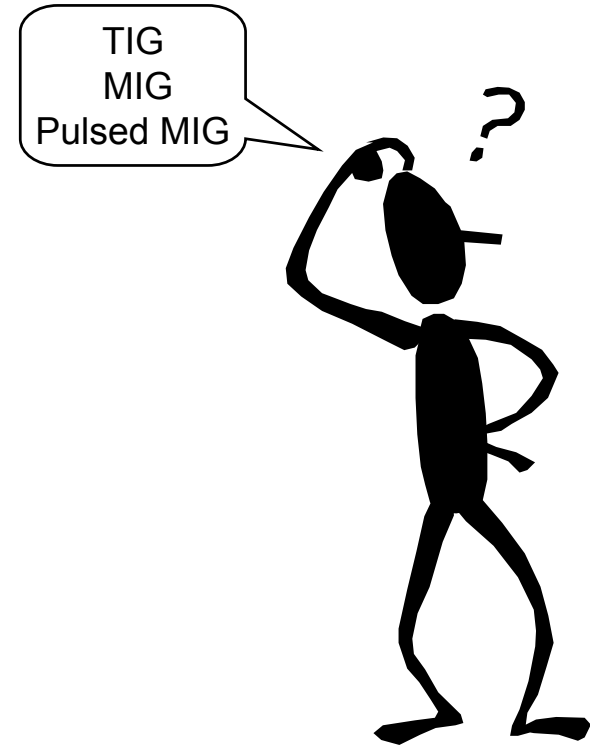


Andere wichtige Aspekte beim Aluminium-Schweißen

- **Einige wichtige Details, die Einfluß auf die Qualität beim Aluminium-MIG-Schweißen haben:**
 - Der Lichtbogen sollte so kurz wie möglich sein
 - Gasfluß muß höher sein als beim Stahlschweißen
 - Stick-Out Länge muß bei 10 - 15 mm liegen
 - Brennerwinkel muß 10- 20° stechend sein
 - Schweißen durch Step-Technik
 - Keine alten Zusatzwerkstoffe verwenden (älter als 1/2 Jahr)
 - Die richtige Nahtform wählen
 - Beste Art, die Naht vorzubereiten, ist, daß der Schweißer eine Badsicherung verwendet, um die Schweißnaht zu sichern

Wahl des Schweißprozesses

- **Dies sollte bei der Wahl der Schweißmethode beachtet werden:**
 - Zusammensetzung des Grundmaterials
 - Wärmeeinbringung
 - Blechstärke
 - Position der Schweißung
 - Schweißqualität (Aussehen)
 - Aufwand der Schweißarbeit (Produktivität)
 - Geschick des Schweißers



Wahl der Schweißmethode

WIG - SCHWEISSEN

- Geeignet für dünne Bleche ab 0.5 mm →
- Manchmal ist es nicht wirtschaftlich, Bleche von mehr als 5,0 mm Blechstärke zu schweißen
 - Produktivität
- Geeignet für schwierige Legierungen
 - einfach, geeignete Zusatzwerkstoffe zu finden
- Geeignet für Legierungen, wenn man nicht sicher ist, welches Material der Grundwerkstoff ist
- Wenn die Qualität der Naht hoch sein muß (Wurzelnah)
- Geeignet für Reparaturschweißen von Nähten, die mit einer anderen Schweißmethode gemacht wurden
- Gutes Aussehen

Wahl der Schweißmethode

PULS MIG - SCHWEISSEN

- Entsprechend des zu schweißenden Werkstücks
- Wenn spritzerfreies Schweißen gefordert ist
- Puls MIG ist sehr gut geeignet für Positionsschweißen zwischen 1,0 - 6,0 mm Blechstärke
- Wenn hohe Schweißqualität gefordert wird
- Wenn Produktivität und Wirtschaftlichkeit wichtige Elemente sind
- Wenn man eine andere Schweißmethode ersetzen möchte
 - in vielen Fällen kann es das AC - WIG-Schweißen ersetzen

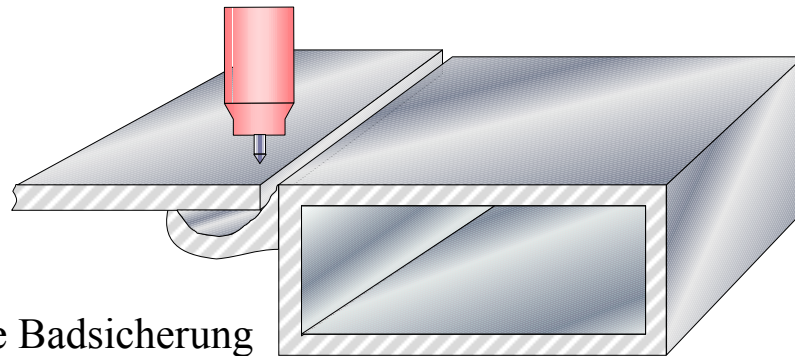
Wahl des Schweißprozesses

MIG - SCHWEISSEN

- Entsprechend des zu schweißenden Werkstücks
- Entsprechend des Naht-Typs
- Geeignet für dünne und dicke Blechstärken
 - Kurzschlußlichtbogen
 - Sprühlichtbogen
- Im Sprühlichtbogen ist das Schweißen spritzerfrei
- Wenn Produktivität und Wirtschaftlichkeit ein wichtiges Element ist
- Wenn man eine andere Schweißmethode ersetzen möchte

Badsicherungen

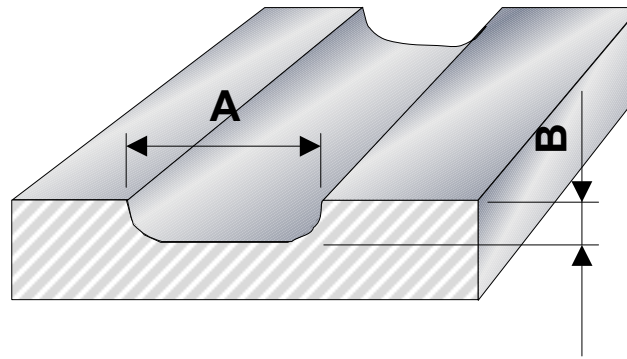
- **Liste von Materialien, die man verwenden kann:**
 - Badsicherung aus Kupfer
 - Badsicherung aus Edelstahl
 - Badsicherung aus Keramik
 - Badsicherung aus Aluminium (bleibt in einem Teil der Naht)
 - Aluminium-Profil, das im Werkstück eingebaut ist



Eingebaute Badsicherung

Badsicherung

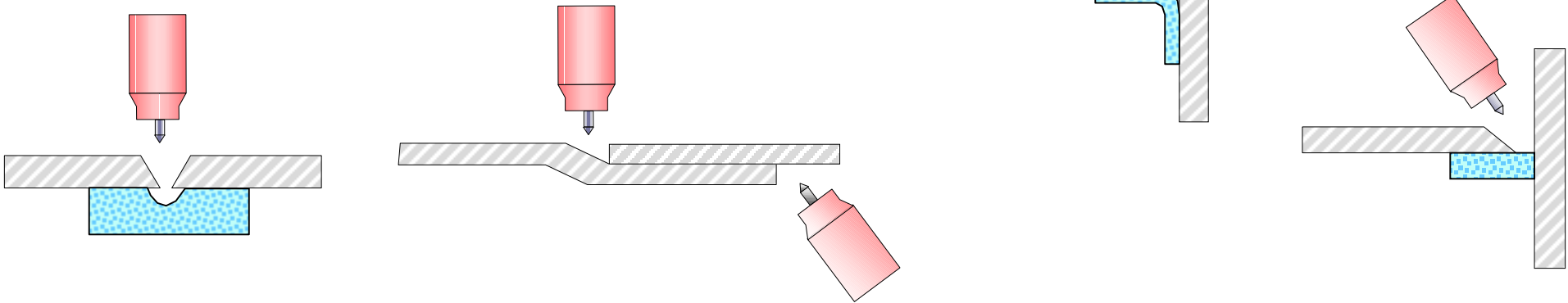
- Tiefe der Fuge in der Badsicherung ist von der Blechstärke abhängig
- Zu geringe Tiefe kühlt das Schweißbad zu schnell ab, und es können Fehler in der Naht entstehen
- Zu tiefe Fuge bewirkt eine zu große Wurzel und ein zu großes Schweißbad
 - hohe Wärmeeinbringung
 - niedrige Schweißgeschwindigkeit
 - falsche Form der Schweißnaht



Material (mm.)	A	B
≤ 1.5	10	0.2 - 0.5
≤ 6.0	10 - 15	1.0 - 2.5
> 6.0	10 - 15	2.5 - 3.5

Vorteile und Aufgabe der Badsicherung

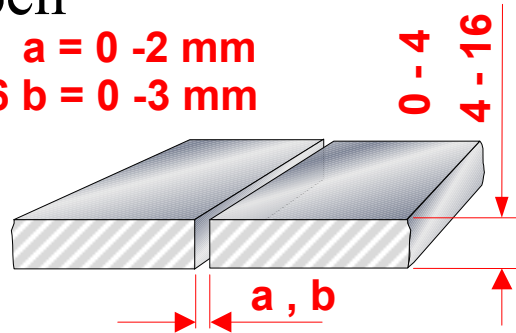
- Schützt die Wurzel vor Oxidation
- Unterstützt und formt die Wurzelausbildung
- Kühlt das geschweißte Metall
- Erlaubt größeren Luftspalt
- Schweißen kann mit höherem Schweißstrom erfolgen
- Erhöht die Schweißgeschwindigkeit
- Kann ein Teil der Schweißnaht sein



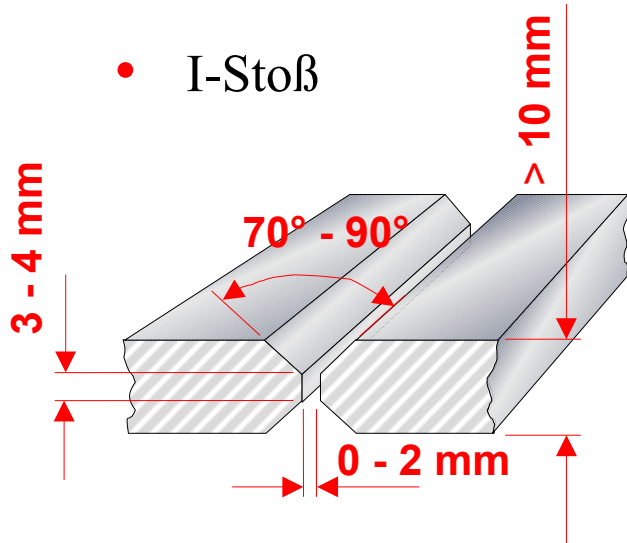
Fugenformen für Aluminiumschweißen

- Allgemeine Fugentypen und Dimensionen beim MIG-Schweißen

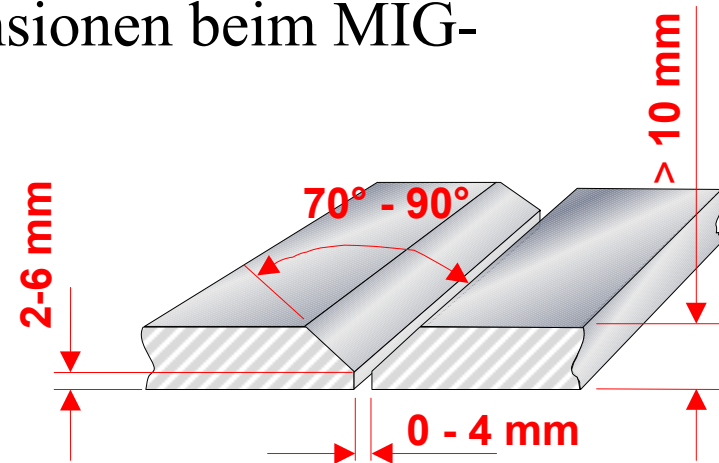
0 - 4 a = 0 - 2 mm
4 - 16 b = 0 - 3 mm



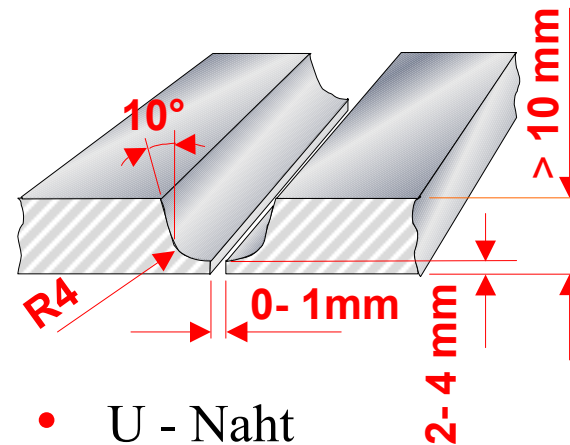
- I-Stoß



- X - Naht



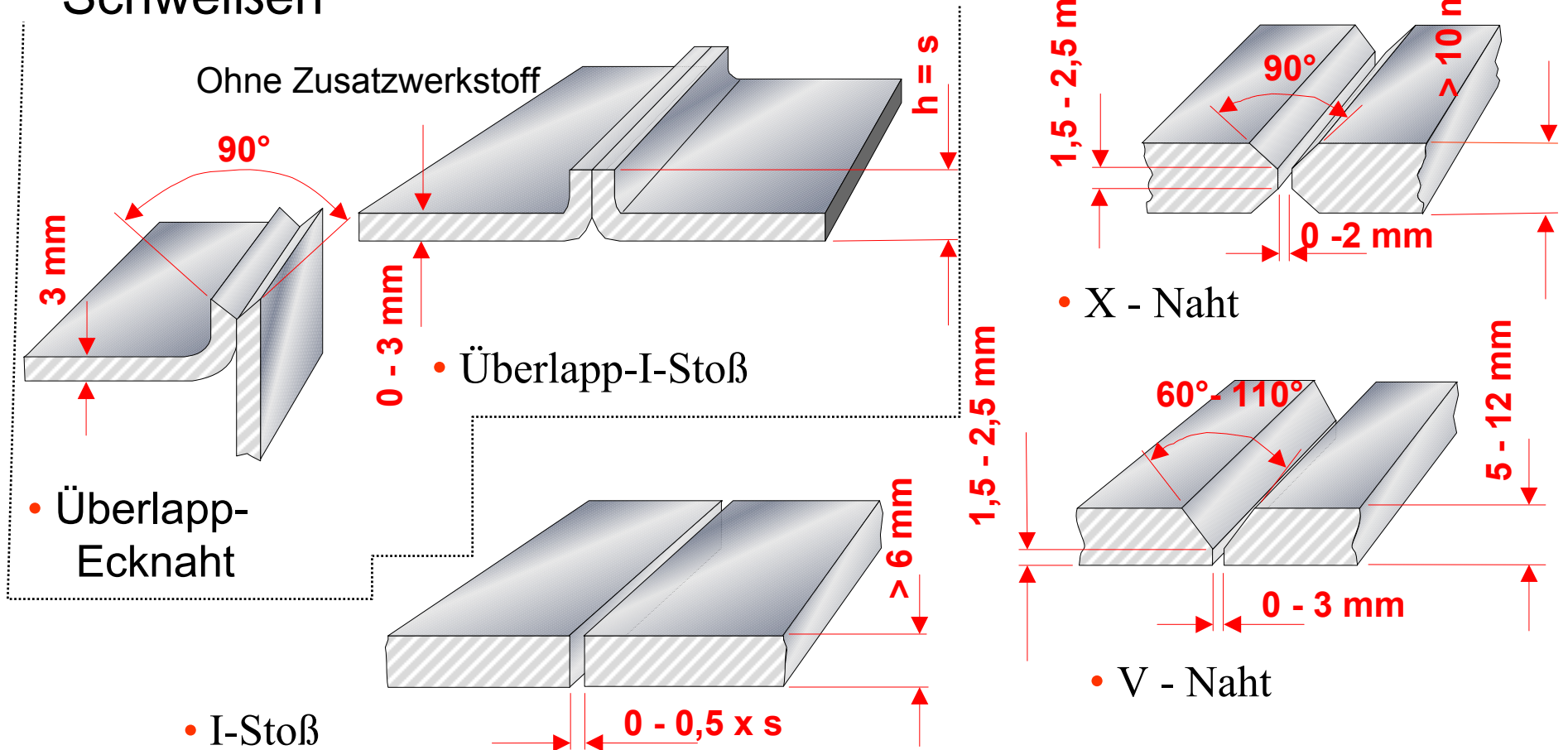
- V - Naht



- U - Naht

Nahttypen beim Aluminiumschweißen

- Allgemeine Nahttypen und Dimensionen beim WIG-Schweißen



Anodisierung

- Aluminium ist mit doppelter Oxidschicht 1 - 10 μm belegt
- Anodisierung wird elektrisch vorgenommen
- Anodisierung wird benutzt - um Korrosionsbeständigkeit zu erhöhen
 - um die Farbe des Grundmaterials zu ändern
 - aus visuellen Gründen
- Das Schweißen von anodisiertem Aluminium ist sehr schwierig, da der Reinigungseffekt von AC-Strom nicht die doppelte Oberfläche aufbrechen kann
- Vor dem Schweißen muß die anodisierte Oberfläche entfernt werden, mindestens 5 mm nach beiden Seiten von der Schweißnaht

